نشریه حفاظت گیاهان (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۰، شماره ۱، بهار ۱۳۹۵، ص. ۶-۱

Journal of Plant Protection
Vol. 30, No. 1, Spring 2016, P. 1-6

تأثیر مواد معدنی برگ چهار میزبان مختلف روی زیست‌شناسی و زنده‌مانی لاروهای سوسک برگ‌خوار نارون

(*Xanthogaleruca luteola* Muller) (Coleoptera: Chrysomelidae)

هیدی یزدانفر[۱]- مهرداد قدس خواه دریایی[۲*]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۴/۰۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۸/۰۳

چکیده

تأثیر بعضی از مواد معدنی شامل نیتروژن، فسفر و پتاسیم موجود در چهار گونه‌ی میزبان شامل اوجا (*Ulmus carpinifolia*)، نارون‌چتری (*Ulmus carpinifolia* var. *umbraculifera*)، آزاد (*Zelkowa carpinifolia*)، تا Willd *Celtis coucasica*) روی نمو و زنده‌مانی لاروهای سوسک برگ‌خوار نارون، (Coleoptera: Chrysomelidae) *Xanthogaleruca luteola*، تحت شرایط آزمایشگاهی (۲۶±۱ درجه سانتیگراد، ۵±۶۵ درصد رطوبت نسبی و نور ۸ ساعت تاریکی و ۱۶ ساعت روشنایی) مورد بررسی قرار گرفت. طول دوره‌ی لاروی سوسک برگ‌خوار نارون روی *C. coucasica*، به طور معنی-داری نسبت به سه میزبان دیگر بیشتر بود. بیشترین درصد زنده‌مانی در تمامی سنین لاروی مربوط به لاروهایی بود که از میزبان اوجا تغذیه کرده بودند و کمترین درصد زنده‌مانی مربوط به تیمار تا بود. نتایج نشان داد لاروهایی که از میزبانی با سطح بالاتر مواد معدنی تغذیه کرده‌اند، طول دوره‌ی لاروی کوتاه‌تری داشته‌اند. این پژوهش نشان داد که احتمالاً مواد مغذی معدنی گیاهان میزبان تاثیر معنی‌داری روی عملکرد حشرات گیاه‌خوار دارد.

واژه های کلیدی: ترکیبات برگ، درختان نارون، طول دوره‌ی لاروی

مقدمه

در طول سال‌های متمادی، بررسی ارتباط بین حشرات گیاه‌خوار و گیاهان یکی از مهمترین موضوعات مورد تحقیق پژوهش‌گران بوده است (۱۰، ۱۲ و ۱۶). حشرات گیاه‌خوار بایستی منابع غذایی کافی و معدنی پیدا کنند تا بتوانند رشد و نمو و تولیدمثل طبیعی داشته باشند (۶ و ۲۳). با این حال برای دسترسی به منابع غذایی با موانعی از قبیل مقاومت درختان میزبان مواجه می‌شوند که باعث کاهش سطح یا تأثیر گیاه‌خواری می‌شوند. مکانیسم‌های مقاومتی ممکن است ساختاری (سختی برگ و وجود کرک) (۱۸) یا شیمیایی (وجود تاکسین) (۲۹) باشند. مقاومت بالای درختان در برابر حشرات گیاه‌خوار باعث نامناسب شدن این گونه‌ها به عنوان میزبان می‌شود. حشراتی که روی درختانی با مقاومت خوب تغذیه می‌کنند به دلیل کیفیت پایین تغذیه، در مقایسه با حشراتی که روی درختانی با مقاومت کم تغذیه کرده‌اند، خیلی کندتر رشد می‌کنند. در نتیجه مدت زمان بیشتری در معرض حمله‌ی دشمنان طبیعی قرار دارند (۵ و ۲۸). کیفیت و مقدار مواد معدنی در گونه‌های مختلف به صورت مکانی و زمانی، بسته به شرایط غیرزنده (دما، نور، درجه حرارت، رطوبت، کیفیت خاک و ...) و شرایط زنده (رقابت‌های درون گونه‌ای و برون گونه‌ای) تغییر می‌کند (۱۹ و ۲۴) میزان مقاومت گونه‌های مختلف نیز به همین صورت مکانی و زمانی تغییر می‌کند (۲۵). درک این موضوع که چگونه حشرات خود را با تغییرات ارزش غذایی گونه‌های مختلف و میزان مقاومت آنها سازگار می‌کنند، مورد توجه و بررسی است (۹ و ۲۷).

سوسک برگ‌خوار نارون یکی از مهمترین آفات شناخته شده در گونه‌های خانواده نارون است. این آفت در مراحل لاروی و بلوغ از برگ‌های درختان نارون تغذیه کرده و باعث بدشکل شدن تاج درخت و همچنین اختلالات فیزیولوژیکی آن می‌شود. این اختلالات باعث می‌شوند درخت در برابر سایر آفات و عوامل بیماری‌زا و عوامل آسیب-رسان محیطی، آسیب‌پذیر شود (۱، ۳ و ۱۱). در شمال ایران، درختان خزان‌کننده‌ی خانواده‌ی نارون (Ulmacea)، شامل "اوجا" (*Ulmus carpinifolia*)؛ "ملج" (*Ulmus glabra*)؛ "نارون‌چتری"

۱ و ۲- دانش آموخته‌ی دکتری و استادیار گروه جنگلداری، دانشکده‌ی منابع طبیعی، دانشگاه گیلان
(*- نویسنده مسئول: Email: mehrdad_daryaei62@yahoo.com)

(*Ulmuscarpinifolia*v. *umbraculifera*)؛ "تـــا" (*Celtis coucasica*) و "آزاد" (*Zelkow carpinifolia*) می‌باشند (۲). به جز نارون چتری بقیه اعضای خانواده جزو درختان جنگلی شمال ایران محسوب می‌شوند. از درختان اوجا و به ویژه نارون چتری به عنوان درختان زینتی در بلوارها و پارک‌های اکثر شهرهای ایران استفاده می‌شود. شدت حمله این آفت به تمامی گونه‌های خانواده نارون یکسان نیست. بعضی از گونه‌ها در برابر حمله آفت بسیار حساس و برخی مقاوم‌تر هستند (۳). در این تحقیق چهار درخت از این خانواده شامل: اوجا، نارون چتری ، آزاد و تا انتخاب و بررسی شدند. اهداف اصلی این تحقیق پاسخ‌گویی به سوالات ذیل بود: ۱- آیا ترکیبات معدنی برگ (پتاسیم، نیتروژن و فسفر) در درختان میزبان متفاوت است؟ ۲- نوع تغذیه چه تأثیری بر طول دوره‌های لاروی و زنده‌مانی سوسک برگ‌خوار نارون (*X. luteola*) دارد؟

مواد و روش‌ها

حشره

تخم‌های سوسک برگ‌خوار نارون از روی درختان اوجا واقع در محوطه‌ی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه گیلان جمع‌آوری شد. با هدف بررسی تأثیر ترکیبات برگ روی بیولوژی حشره، چهار تیمار با گونه‌های خانواده نارون شامل اوجا (*U. carpinifolia*)؛ نارون چتری(*U.c.* var.*umbraculifera*)؛ تا (*C. coucasica*) و آزاد (*Z. carpinifolia*) تهیه شد. به دلیل دسترسی راحت‌تر به درختان اوجا، دستجات تخم حشره از روی این میزبان جمع‌آوری شد. سپس بلافاصله بعد از تفریخ، لاروهای تازه بیرون آمده سن اول به کمک قلم‌موی نازک از روی برگ‌های اوجا برداشته شد و بر روی همه‌ی میزبان‌ها قرار داده شد تا تغذیه را شروع کنند. برای هر تیمار ۱۰ تکرار تهیه شد. به منظور جلوگیری از خشک شدن برگ‌ها، در هر تکرار، دمبرگ آنها داخل پوشش پنبه‌ای مرطوب و داخل ظرف شیشه‌ای، قرار داده شد. هر ظرف شیشه‌ای نیز داخل یک ظرف پلاستیکی با ابعاد (۵×۱۰×۱۴ سانتیمتر) قرار گرفت. در ظرف با توری پوشانده شد به طوری که هم امکان هوادهی مناسب برای لاروها فراهم شود و هم لاروها از محفظه خارج نشوند. برگ تمامی تکرارها به صورت روزانه عوض شد تا لاروها همواره غذای تازه در اختیار داشته باشند. طول دوره‌ی لاروی، و زنده‌مانی لاروها در هر تیمار تعیین گردید. تمامی ظروف پلاستیکی به اتاقک رشد انتقال یافتند و تا پایان آزمایشات مربوط به بیولوژی در شرایط استاندارد (۲±۲۶ درجه سانتیگراد، ۵±۶۵ درصد رطوبت نسبی و نور ۸ ساعت تاریکی و ۱۶ ساعت روشنایی) قرار گرفتند. لازم به ذکر است به دلیل از بین رفتن تمامی لاروها در تیمار تا و نرسیدن به سن سوم، وضعیت لاروها فقط تا سن دوم ثبت شد.

ترکیبات برگ

برگ‌های تازه‌ی درختان میزبان از محوطه‌ی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه گیلان واقع درصومعه‌سرا، جمع‌آوری شد. برگ‌ها با استفاده از آب مقطر شسته شدند و سپس در دمای اتاق در سایه قرار گرفتند تا خشک شوند. برگ‌های خشک شده مربوط به هر گونه را کاملاً آسیاب کرده تا برای انجام آزمایش تجزیه‌ی برگ آماده شوند. برای اندازه‌گیری پتاسیم، هر نمونه داخل یک بشر غیر متحرک قرار گرفت و بخش آلی آن از طریق بالا بردن دما تا ۴۵۰ الی ۵۵۰ درجه سانتیگراد تجزیه شد. ماده‌ی حاصل با مقدار کمی آب مقطر خیس شد و حجم آن با استفاده از اسید کلریدریک به ۲ میلی لیتر رسید. سپس محلول حاصل با استفاده از آب مقطر به حجم نهایی ۱۰۰ میلی لیتر رسید و با کاغذ صافی واتمن شماره ۱ صاف گردید. بعد از آن مقدار پتاسیم با استفاده از دستگاه فلمفتومتر (Jenway PFP7; ELE instrument Co. Ltd.) اندازه‌گیری شد (۱۳). برای اندازه‌گیری فسفر از روش مور (۲۱) استفاده شد. در ابتدا مقدار یک گرم برگ خشک وزن شده و تحت نیتروژن مایع داخل هاون چینی خرد شد. سپس داخل فالکون ۱۰۰ میلی لیتری ریخته شد و با آب مقطر رقیق شد. در مرحله ی بعد استانداردهایی به حجم ۲۰، ۴۰،۶۰ و ۸۰ میلی گرم فسفر در لیتر تهیه شد. قبل از قرائت به نمونه ها اجازه داده شد تا به مدت حداقل نیم ساعت در دمای اتاق بمانند تا بیشتر رنگ بگیرند. سپس با استفاده از دستگاه اسپکتوفوتومتر مدل Specord-210 ساخت کمپانی آنالیتیجنا کشور آلمان و در طول موج ۶۶۰ نانومتر قرائت شد. اندازه‌گیری نیتروژن کل با استفاده از دستگاه کجلدال ساخت کمپانی بیوتک کره جنوبی، مدل Phonix-986AA صورت گرفت. اندازه‌گیری نیتروژن کل برگ به روش بیکر و تامپسون (۷) و با استفاده از دستگاه کجلدال صورت گرفت و شامل سه مرحله‌ی اصلی هضم، تقطیر و تیتراسیون بود. درصد نیتروژن از فرمول ذیل تعیین شد (۷).

$$\text{درصد نیتروژن} = \frac{(T-B)*N*1.401}{\text{نمونه به گرم}}$$

T: حجم نمونه‌ی تیتر شده به میلی‌لیتر،

B: حجم محلول بلانک به میلی‌لیتر،

N: نرمالیته‌ی اسید

روش آماری

مقادیر مربوط به مواد معدنی برگ شامل نیتروژن، فسفر و پتاسیم و طول دوره لاروی و زنده‌مانی لاروهای سوسک برگ‌خوار نارون روی میزبان‌های مورد نظر، با استفاده از روش آنالیز یک طرفه واریانس‌ها (ANOVA) با هم مقایسه شدند. برای این کار از نرم

افزار SPSS 19.0 استفاده شد. قبل از آنالیز، از نرمال بودن داده‌ها اطمینان حاصل شد. روش Tokey's برای مشخص شدن اختلاف بین گروه‌ها، به کار گرفته شد. بنابراین سطح معنی‌داری ۵ درصد برای تعیین اختلاف بین میانگین‌ها در نظر گرفته شد. در بررسی مواد معدنی برگ، هر تیمار در سه تکرار اندازه‌گیری شد و برای لاروها هر تیمار در ده تکرار بررسی شد.

نتایج و بحث

کیفیت برگ

به منظور بررسی تأثیر احتمالی تعدادی از ترکیبات معدنی موجود در برگ شامل فسفر، پتاسیم و نیتروژن روی بیولوژی و زنده‌مانی لاروهای سوسک برگ‌خوار نارون، مقادیر این مواد اندازه‌گیری و نتایج در جدول شماره‌ی (۱) نمایش داده شد.

جدول ۱- ترکیبات معدنی موجود در برگ میزبان‌های مختلفی که لاروهای *X. luteola* از آنها تغذیه کرده‌اند

Table 1- Mineral compounds of *X. luteola*'s host plants

درختان میزبان (Host plants)	نیتروژن (Nitrogen)	پتاسیم (Potassium)	فسفر (Phosphorus)
اوجا (*U. carpinifolia*)	2.17± 0.03b	1.98± 0.053a	0.24± 0.01a
نارون چتری *U.c.* var.*umbraculifera*)	0.29± 0.061d	1.68± 0.16a	0.19± 0.005b
آزاد (*Z. carpinifolia*)	2.84± 0.14a	1.24± 0.058c	0.22± 0.0039a
تا (*C. coucasica)*	1.3± 0.05c	1.02± 0.029b	0.17± 0.005c

در هر ستون، اعداد با حروف مشابه نشان دهنده‌ی عدم وجود اختلاف در سطح پنج درصد است

Numbers followed by the same letter are not significantly differentns (P<0.05)

تجزیه واریانس یک طرفه‌ی (ANOVA) داده‌های مربوط به مواد معدنی موجود در برگ‌های چهار میزبان مورد بررسی، نشان داد که بین میزبان‌های مختلف از لحاظ مواد معدنی اختلاف معنی‌داری وجود دارد. نتایج این آزمون برای مقدار فسفر در برگ چهار میزبان مورد نظر، اختلاف معنی‌داری نشان داد به طوری که بیشترین مقدار فسفر در برگ‌های اوجا و کمترین مقدار آن در برگ‌های تا مشاهده شد (F=۲۲/۵۶ df; =۸،۳). تجزیه واریانس داده‌های مربوط به مقدار پتاسیم موجود در برگ‌های چهار میزبان مورد بررسی، حاکی از آن است که بیشترین مقدار پتاسیم در برگ‌های اوجا و کمترین مقدار آن در برگ‌های تا وجود دارد (F=۲۲/۳۶ df; =۸،۳). آزمون تجزیه واریانس داده‌های مربوط به مقدار نیتروژن موجود در برگ چهار میزبان نشان داد که مقدار نیتروژن در تیمار آزاد به طور معنی‌داری بیشتر از سه تیمار دیگر است (F =۱۶۸/۹۸ df; =۸،۳).

زنده‌مانی و رشد لاروها

به منظور بررسی تاثیر میزبان‌های مختلف روی بیولوژی سوسک برگ‌خوار نارون، لاروهای تازه از تخم بیرون آمده بر روی برگ‌های تازه از چهار گونه مورد بررسی خانواده نارون قرار داده شدند و نتایج آن در جدول شماره‌ی (۲) نمایش داده شد.

تجزیه واریانس یک طرفه‌ی داده‌ها (ANOVA) نشان داد لاروهای سن اولی که از برگ‌های اوجا (*U. carpinifolia*) تغذیه کرده بودند، در مقایسه با سه میزبان دیگر به طور معنی‌داری در مدت زمان کمتری پوست‌اندازی کرده و به سن دوم وارد شدند (df =۳،۳۹ ;F=۷۲۲/۶۷). همچنین تجزیه‌ی واریانس داده‌های مربوط به مدت زمان سن دوم لاروهای سوسک برگ‌خوار نارون نشان داد، در این مورد هم اختلاف معنی‌داری بین لاروهایی که روی میزبان‌های مختلف تغذیه کرده‌اند وجود دارد (F=۴۲۴/۶۸۱ df;=۳۹،۳). به طوری که میانگین مدت زمان سن دوم روی لاروهایی که از برگ‌های اوجا تغذیه کرده بودند کمترین (۴/۳۷ روز) و آنهایی که از برگ‌های تا (*C. coucasica)* تغذیه کردند بیشترین (۱۰/۰۱ روز) بود. لازم به ذکر است لاروهایی که از برگ‌های تا تغذیه می‌کردند، به سن سوم نرسیدند و از بین رفتند. بنابراین آزمایشات با سه میزبان دنبال شد. نتایج آزمون تجزیه‌ی واریانس یک‌طرفه برای سن سوم نشان داد، در این مورد هم کمترین زمان در میزبان اوجا دیده شد و بیشترین زمان مربوط به میزبان آزاد (*Z. carpinifolia*) بود (df;=۳۹،۳ F=۲۳۰/۸۸۷). تجزیه واریانس مدت زمان دوره‌ی شفیرگی نشان داد، بین لاروهایی که از میزبان‌های مختلف تغذیه کرده بودند از نظر مدت شفیرگی اختلاف معنی‌داری وجود دارد (F =۵۴/۳۳۲ df;=۲۹،۲).

جدول ۲- طول دوره‌ی لاروی و شفیرگی *X. luteola* بر روی میزبان‌های مختلف

Table 2- Duration of immature development stages of *X. luteola*on different host plants

درختان میزبان (Host plants)	سن اول به روز (1st instar larval duration in days)	سن دوم به روز (2nd instar larval duration in days)	سن سوم به روز (3rd instar larval duration in days)	طول دوره شفیرگی به روز (Pupal duration in days)	زنده مانی به درصد Survival rate (%)
اوجا (*U. carpinifolia*)	4.91± 0.0458a	4.37± 0.147a	4.01± 0.0458a	6.78± 0.109a	39.5± 3.975a
نارون چتری *U.c.*) var.*umbraculifera*	4.96± 0.0371a	4.54± 0.136a	4.46± 0.132a	7.15± 0.21a	34.3± 5.44a
آزاد (*Z. carpinifolia*)	8.63± 0.126b	6.73± 0.132b	7.6± 0.174b	9.32± 0.22b	18.7± 2.33b
تا (*C. coucasica)*	9.79± 0.115c	10.01± 0.086c			2± 1.33c

در هر ستون، اعداد با حروف مشابه نشان دهنده ی عدم وجود اختلاف در سطح پنج درصد است

Numbers followed by the same letter are not significantly differentns (P<0.05)

طول دوره‌ی شفیرگی در لاروهایی که از برگ‌های اوجا تغذیه کرده بودند، کوتاه‌ترین و آنهایی که از برگ‌های آزاد تغذیه کردند، طولانی‌ترین بود (به ترتیب ۶/۷۸ و ۹/۳۲). تجزیه‌ی واریانس میزان امید به زندگی نشان داد که بین لاروهایی که از میزبان‌های مختلف تغذیه کرده‌اند، از نظر امید به زندگی اختلاف معنی‌داری وجود دارد (F =۲۱/۷۲۴ df;=۳۹،۳)، به طوری که بیشترین درصد زنده‌مانی لاروها در طول دوره‌ی لاروی مربوط به لاروهای تغذیه کرده از اوجا بود و کمترین درصد زنده‌مانی لاروها مربوط به لاروهای تغذیه کرده از تا بود (به ترتیب ۳۹/۵ درصد و ۲ درصد).

تجزیه‌ی برگ‌های چهار میزبان مذکور نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین ترکیبات معدنی مورد بررسی (نیتروژن، فسفر، پتاسیم) وجود دارد. از طرفی بررسی بیولوژی لاروهای سنین مختلف سوسک برگ‌خوار نارون که از برگ میزبان های مختلف تغذیه کرده بودند، نشان داد که اختلاف معنی‌داری در طول دوره‌ی لاروی و امید به زندگی لاروها، بسته به نوع تغذیه وجود دارد. یکی از دلایل این نتیجه می‌تواند تاثیر احتمالی مواد معدنی موجود در برگ‌های مختلف باشد. تحقیقات زیادی روی تاثیر نیتروژن بر طول دوره‌ی لاروهای گونه-های مختلف صورت گرفته است (۱۴، ۱۵، ۲۲ و ۲۶). کیفیت گیاه میزبان با انتخاب آن توسط گیاه‌خوار در ارتباط است که ممکن است شامل خصوصیات فیزیکی، آللوشیمیایی و یا ترکیبات مغذی باشد. در میان مواد ذکر شده، مقدار نیتروژن گیاه میزبان به عنوان مهمترین فاکتور محدود کننده برای حشرات در نظر گرفته شده است (۴). نتایج بخش عمده‌ای از تحقیقات در این مورد حاکی از آن است که رشد و نمو لاروهایی که از برگ‌هایی با محتوی نیتروژن بالاتر تغذیه کرده-اند، بهتر بوده و به عبارتی لاروها در زمان کوتاه‌تری مراحل نمو خود را طی کرده‌اند (۴، ۱۴، ۱۵، ۲۲ و ۲۶). به طور کلی هر چه طول دوره لاروی کوتاه‌تر و میزان مرگ و میر لاروها کمتر باشد، میزبان مورد نظر مناسب‌تر است (۴). با این حال، نتایج این تحقیق نشان داد که بر خلاف انتظار اگر چه بالاترین مقدار نیتروژن در برگ‌های آزاد وجود داشت، ولی طول دوره‌ی لاروی و زنده‌مانی در این میزبان در مقایسه با سه میزبان دیگر در رده‌ی سوم قرار داشت. این نتیجه احتمالاً به دلیل وجود ترکیبات بازدارنده‌ی ثانویه و یا خصوصیات فیزیکی خود برگ مانند بافت چرمی و ضخیم آن است، که در این مطالعه بررسی نشده است. لیل (۱۷) در تحقیقی روی بررسی تاثیر کیفیت برگ بر زمان نمو نشان داد با وجود یکسان بودن غلظت نیتروژن در دو گونه، زمان نمو در لاروهایی که از آنها تغذیه کردند، با هم متفاوت بود. وی دلیل این تفاوت را به وجود غلظت‌های متفاوتی از ترکیبات فنولیک نسبت می‌دهد. لازم به ذکر است اگر چه بیشترین مقدار نیتروژن در برگ‌های آزاد وجود داشت، ولی برگ‌های اوجا از این لحاظ در رتبه‌ی دوم قرار داشتند که کوتاه‌ترین دوره‌ی نمو لاروی و بالاترین درصد زنده‌مانی لاروها نیز مربوط به همین میزبان است. این نتیجه مشابه با نتایجی است که در سایر مطالعات به دست آمده است. نتایج این تحقیق نشان داد که بیشترین مقدار فسفر در برگ‌های اوجا وجود دارد. بنابراین با توجه به کوتاه‌تر بودن طول دوره لاروی و بالاتر بودن درصد زنده‌مانی روی این میزبان شاید بتوان بالا بودن این عنصر را به عنوان یک عامل مثبت روی رشد و نمو لاروهای سوسک برگ‌خوار نارون در نظر گرفت. نتایج این تحقیق با آنچه کلانسی و کینگ (۹) ارائه دادند، مشابه است. آنها نشان دادند عملکرد لاروهای *C. occidentalis* با تغذیه روی غذایی با غلظت کم منیزیم و غلظت متعادل فسفر و پتاسیم، اپتیمم است. در تحقیق دیگری (۲۰) نشان دادند که در نوعی بلوط با افزایش سن برگ، مقادیر نیتروژن و فسفر کاهش می‌یابد و این روند آنقدر ادامه می‌یابد که حشره مجبور می‌شود

به دلیل کیفیت پایین غذا، میزبان را ترک کند. بنابر آنچه گفته شد می‌توان چنین نتیجه گرفت که مواد معدنی مختلف با غلظت‌های متفاوت می‌توانند یکی از عوامل تأثیرگذار روی طول دوره‌ی لاروی و زنده‌مانی آنها باشد. نتایج این بررسی نشان داد که طولانی‌ترین دوره لاروی تا پایان سن دوم لاروی، مربوط به لاروهایی است که از برگ-های تا تغذیه کرده‌اند. به عبارتی مقاومت‌ترین گونه از خانواده نارون است. به طوری که لاروها قبل از رسیدن به سن سوم از بین رفتند و این نتیجه احتمالاً به دلیل دارا بودن کمترین غلظت مواد معدنی و به دلیل وجود ترکیبات ثانویه‌ی بازدارنده است. بعد از تیمار تا، طولانی-ترین دوره لاروی مربوط به لاروهای تغذیه کرده از تیمار آزاد بود. پیشنهاد می‌شود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی بیشتری از درختان خانواده‌ی نارون بررسی و اندازه‌گیری شود تا بتوان به نتایج دقیق‌تری در این مورد دست یافت.

منابع

1- Ansari M.S., Hasan F., and Ahmad N. 2012. Influence of various host plants on the consumption and utilization of food by Pierisbrassicae (Linn.), Bulletin of Entomological Research Cambridge University Press, 102(2):231-237.

2- Arbab E., Jalali J., and Sahragard A. 2002. Laboratory study of the biology of the pest *Xanthogaleruca Luteola* Muller, Entomology Societyof Iran. 21 (2):85-73.

3- Augner M. 1995. Low nutritive quality as a plant defense effects of herbivore-mediated interactions. Evolutionary Ecology,9: 605–16.

4- Awmack C.S., and Leather S.R. 2002. Host plant quality and fecundity in herbivorous insects. Annual Review of Entomology, 47:817–44.

5- Baker W.H., and Thompson T.L. 1992. Determination of total nitrogen in plant samples by Kjeldahl. In: Plank CO Ed). : Plant analysis reference procedures for the southern region of the United States. Southern Cooperative Series Bulletin, 13-16 pp.

6- Behdad A. 1988. Pests and diseases of forest trees and shrubs and ornamental plants in Iran, Neshad publication, Isfahan.

7- Behmer S.T., Simpson S.J., and Raubenheimer D. 2002. Herbivoreforaging in chemical heterogeneous environments:nutrients and secondary metabolites. Ecology, 83:2489–501.

8- Clancy K.K., and King R.M. 1993. Defining the western spruce budworm's nutritional niche with response surface methodology. Ecology, 74:442–454.

9- Ehrlich P.R., and Raven P.H.1964. Butterflies and plants: a study incoevolution. Evolution, 18:586–608.

10- Foss L.K., and Rieske L.K. 2003. Species-specific differences in oak foliage affectpreference and performance of gypsy moth caterpillars. The Netherlands Entomological Society Entomologia Experimentaliset Applicata, 108: 87–93.

11- Fraenkel G.S. 1959. The raison d'eˆ tre of secondary plantssubstances. Science, 219:1466–70.

12- Hanlon E.A. 1992. Determination of potassium, calcium and magnesium in plants by Atomic Absorption Techniques. In: Plank CO (Ed): Plant analysis reference procedures for the southern region of the United States. Southern Cooperative Series Bulletin, 30-33 pp.

13- Hwang S.Y., Liu C.H., and Shen T.C. 2008. Effects of plant nutrient availability and host plant species on the performance of two Pieris butterflies (*Lepidoptera*: *Pieridae*). Biochemical Systematics and Ecology, 36:505-513.

14- Ishino M.N., De Sibio P.R., Rossi M.N. 2011. Leaf trait variation on *Erythroxylum tortuosum* (*Erythroxylaceae*) and its relationship with oviposition performance and stress by a host plant-specific leaf miner. Austral Ecology, 36: 203-211.

15- Kessler A., and Baldwin I.T. 2002. Plant responses to insect herbivory:the emergingmolecular analysis. Annual Review of PlantBiology, 53:299–328.

16- Khalili Mahani M., Hatami B., and Seyedoleslami H. 2003. Host preference of three elms and hackberry for elm leaf beetle, *Xanthogale rucaluteola* (Coleoptera: Chrysomelidae). Forest Ecology and Management. 186(1-3), 207–212.

17- LillJ.T., and Marquis R.J. 2001. The effects of leaf quality on herbivore performance and attack from natural enemies. Oecologia, 126: 418-428.

18- Lucas P.W., Turner I.M., Dominy N.J., and Yamashita N. 2000. Mechanical defences to herbivory. Annals of Botany, 86:913–20.

19- Mattson Jr W.J. 1980. Herbivory in relation to plant nitrogen content. Annual Review of Ecology and Systematics, 11:119–61.

20- Mauffettey Y., and Oechel W.C. 1989. Seasonal variation in leaf chemistry of the coast live oak *Quercus agrifolia* and implications for the California oak moth *Phyrganidia californica*. Oecologia, 79(4):439–445.

21- Moore K.P. 1992. Determination of Phosphorus in Plant Tissue by Colorimetry .In: Plank C.O. (Ed): Plant analysis reference procedures for the southern region of the United States. Southern Cooperative Series Bulletin, 27-29 pp.

22- Oishi M., Yokota T., Teramoto N., and Sato H. 2006. Japanese oak silkmoth feeding preference for and performance on upper-crown and lower-crown leaves. Entomological Science, 9:161-169.
23- Raubenheimer D., and Simpson S.J. 1997. Integrative models of nutrient balancing: application to insects and vertebrates. Nutrition Research Reviews, 10(1):151–79.
24- Roberts M.R., and Paul N.D. 2006. Seduced by the dark side: integrating molecular and ecological perspectives on the influence of light on plant defense against pests and pathogens. New Phytologist, 170:677–99.
25- Roslin T., Gripenberg S., Salminen J.P., Karonen M., O'Hara R.B., and Pihlaja K. 2006. Seeing the trees for the leaves oaks as mosaics for a host-specific moth. Oikos, 113:106–20.
26- Roy N., and Barik A. 2013. Influence of four host- plants on feeding, growth and reproduction of Diacrisiac asignetum (*Lepidoptera*:*Arctiidae*). Entomological Science, 16:112-118.
27- Singer M.S., Bernays E.A., and Carrie `re Y. 2002. The interplay between nutrient balancing and toxin dilution in foraging by a generalist insect herbivore. Animal Behaviour, 64:629–43.
28- Stiling P., and Moon D.C. 2005. Quality or quantity: the direct and indirect effects of host plants on herbivores and their natural enemies. Oecologia, 142:413–20.
29- Wittstock U., and Gershenzon J. 2002. Constitutive plant toxins and their role in defense against herbivores and pathogens. Current Opinion in Plant Biology, 5:300–7.